

УДК 621.039

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕТОНОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ БАРИТА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

**М. В. Аладаилах<sup>1</sup>, И. А. Ширманов<sup>2</sup>, Е. Д. Стругов<sup>3</sup>,  
В. А. Климова<sup>4</sup>, О. Л. Ташлыков<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> aladailehmotaz@gmail.com

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований поглощающих свойств бетона с различным содержанием барита в его составе в диапазоне энергии гамма-излучения от 1 кэВ до 2 МэВ. Массовые коэффициенты ослабления гамма-излучения были рассчитаны с помощью базы данных NIST XCOM. Проведено сравнение результатов расчета с экспериментальными данными, полученными рядом авторов.

**Ключевые слова:** гамма-излучение, массовый коэффициент ослабления, XCOM, защита от гамма-излучения

## ON THE POSSIBILITY OF THE USAGE OF CONCRETE WITH THE ADDITION OF BARITE FOR GAMMA RADIATION PROTECTION

**M. W. Aladailah<sup>1</sup>, I. A. Shirmanov<sup>2</sup>, E. D. Strugov<sup>3</sup>,  
V. A. Klimova<sup>4</sup>, O. L. Tashlikov<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Ural Federal University named after the First  
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> aladailehmotaz@gmail.com

**Abstract.** The paper presents the studies' results of the gamma-ray absorbing properties of concrete with different barite content in its composition in energy range from 1 Kev to 2 MeV. The mass attenuation coefficients of gamma radiation were calculated using the NIST XCOM database. The calculation results were compared with the experimental data of several authors.

**Keywords:** Gamma radiation, photon attenuation, XCOM, gamma-radiation protection

В настоящее время широкое использование источников ионизирующего излучения неразрывно связано с проблемами радиационной безопасности и задачами проектирования и создания биологических защит. В процессе строительства объектов атомной энергетики необходимо учитывать множество критериев, основными из которых являются устойчивость к ионизирующему излучению.

Стоимость защиты современных ядерно-технических установок может достигать 20–30 % общей стоимости сооружения [1]. В связи с этим особую актуальность приобретает реализация одного из основных принципов радиационной безопасности — принципа оптимизации — применительно к составу биологической защиты. Использование бетона, в состав которого входит барит ( $\text{BaSO}_4$ ), может быть перспективным при сооружении биологической защиты объектов использования атомной энергии (ОИАЭ).

В настоящей работе исследовалось ослабление гамма-излучения как бетонами типовых марок, так и бетонами с различным содержанием барита в его составе. Рассчитывались значения массовых коэффициентов ослабления, а также были получены расчетные значения плотности бетонов. Процентное содержание веществ, входящих в состав бетонов, представлено в таблице.

Таблица

Основные вещества, входящие в состав бетона, % масс.

Материалы	Образцы бетонов					
	1	2	3	4	5	6
Цемент	13,5	15,5	18,1	9,3	10,8	12,7
Вода	8,7	7,9	7,8	6,0	5,5	5,5
Мелкодисперсный наполнитель (песок)	30,3	29,8	28,9	0,0	0,0	0,0
Крупный наполнитель (щебень)	47,5	46,8	45,2	0,0	0,0	0,0
Концентрат баритовый (крупный)	0,0	0,0	0,0	33,5	33,1	32,4
Концентрат баритовый (мелкий)	0,0	0,0	0,0	51,1	50,6	49,4
Плотность, $\text{кг/м}^3$	2406	2464	2482	3414	3507	3452

Для определения массового коэффициента ослабления использовалась база данных NIST XCOM [2], с помощью которой можно по-

лучить сечения рассеяния для фотонов, фотоэлектрическое поглощение и образование пар, а также общих коэффициентов затухания для любого элемента, соединения или смеси.

Для сравнения радиационно-защитных свойств материалов обычно используется линейный коэффициент ослабления, потому что существует простая по форме зависимость между кратностью ослабления излучения и толщиной защитного слоя [1]. Линейный коэффициент ослабления рассчитывался по формуле:

$$\mu = \mu_m \rho,$$

где  $\mu_m$  — массовый коэффициент ослабления,  $\text{см}^2/\text{г}$ ;  $\rho$  — плотность исследуемого бетона,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Расчетные значения, полученные с помощью NIST XCOM, сравнивались с экспериментальными данными, полученными при исследовании бетонов с аналогичным составом для энергий гамма-излучения 0,66 и 1,25 МэВ [3].

На рис. 1 показаны значения линейных коэффициентов ослабления для типовых сортов бетона (1–3) и бетонов, в состав которых входит барит (4–6). Эти значения были рассчитаны при энергиях фотона 0,66 и 1,25 МэВ, для сравнения с данными [3].

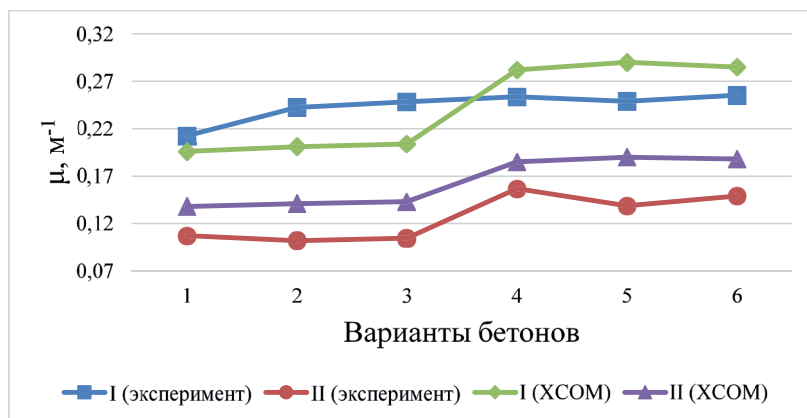


Рис. 1. Коэффициенты линейного ослабления для бетонов: I — для энергии фотонов 1,25 МэВ; II — для энергии фотонов 0,66 МэВ

Исследованы связи между физическими параметрами, такими как процентное отношение воды и цемента, плотность и компрессионная прочность бетонов, а также массовые коэффициенты ослабления.

Сравнение проводилось между стандартными бетонами и бетонами, в состав которых входит барит. Данные для сравнения взяты из работы о защите от гамма-излучения с помощью бетонов из барита [3].

По итогам работы можно сделать вывод, что бетоны, имеющие барит в составе, имеют большие коэффициенты линейного ослабления. Такие бетоны были рассмотрены в качестве защитного строительного материала при действии на него гамма-излучения. Определена эффективность использования барита в составе бетона для защиты от гамма-излучения. Каждый образец бетона с баритом (В2, В3, В4) имеет разную плотность, что влияет на линейный коэффициент ослабления. Из результатов сравнения видно, что бетон с использованием барита является более эффективным материалом для защиты от гамма-излучения по сравнению со стандартными бетонами.

Эффективность применения барита в составе бетона показала увеличения коэффициента линейного ослабления в среднем на 25 % для энергии 0,66 МэВ и на 29,8 % для энергии 1,25 МэВ соответственно.

#### **Список источников**

1. Машкович В. П., Кудрявцева А. В. Защита от ионизирующих излучений. М. : Энергоатомиздат, 1995. 495 с.
2. NIST XCOM. База данных национального института стандартов и технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html> (дата обращения: 10.11.2020).
3. The shielding of  $\gamma$ -rays by concretes produced with barite [Electronic resource] / I. Akkurt [et al.] // Progress in Nuclear Energy. 2005. Vol. 46 (1). P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2004.09.015> (date of access: 10.11.2020).